

CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA Y TEXTURAL DEL YACIMIENTO DE ZEOLITAS DE «LOS MURCIANOS» (CABO DE GATA, ALMERÍA). RESULTADOS PRELIMINARES

E. GARCÍA-ROMERO ⁽¹⁾, M. SUÁREZ ⁽²⁾, V. LOPEZ-ACEVEDO ⁽¹⁾, R. LOZANO ⁽³⁾, R. OYARZUN ⁽¹⁾, J.A. LÓPEZ-GARCÍA ⁽¹⁾ Y M. REGUEIRO ⁽³⁾

⁽¹⁾ Dpto. de Cristalografía y Mineralogía. Facultad de C. C. Geológicas. Universidad Complutense. Madrid.

⁽²⁾ Dpto. de Geología. Universidad de Salamanca. Plaza de la Merced s/n 37008. Salamanca.

⁽³⁾ Instituto Geológico y Minero de España, Ríos Rosas, 23, 28003 Madrid.

ANTECEDENTES

Las zeolitas son minerales con características químicas y estructurales que las hacen poseedoras de propiedades fisicoquímicas excepcionales, por lo que se encuentran, posiblemente, entre los minerales con más variadas y numerosas aplicaciones industriales. La mayor parte de las zeolitas con aplicaciones industriales son sintéticas. Los yacimientos más importantes se asocian a rocas volcánicas y se originan por transformación de cenizas volcánicas o por diagénesis de sedimentos que contengan componentes vulcanoclásticos.

En España se conocen indicios de zeolitas en basaltos vacuolares del vulcanismo de las Islas Canarias pero el único yacimiento explotable de zeolitas de nuestro país se encuentra en la provincia de Almería, entre Los Escullos y San José (Cabo de Gata) en la cantera denominada «Los Murcianos» (Figura 1), explotada por la empresa murciana Minas Volcán S.A. Se asocian a las rocas volcánicas de Cabo de Gata y los materiales que se extraen se destinan por si solos o mezclados con otros minerales a multitud de usos: absorbentes, cargas industriales, filtración o al tratamiento de suelos. La empresa explotadora dispone de una concesión de explotación de la sección C, que de acuerdo con la vigente Ley de Minas, le permitiría explotar el recurso existente durante los próximos 60 años. Al encontrarse dentro del Parque Natural de Cabo de Gata la explotación debe acomodarse a las exigencias

medioambientales que dicha nueva situación plantea, por lo que la explotación es temporera y de reducidas producciones.

Las zeolitas en la zona del Cabo de Gata han sido citadas en trabajos previos (Martín Vivaldi y López Aguayo, 1975; Benito et al. 1998), si bien, hasta la fecha, sólo se conoce un estudio sobre el yacimiento de «Los Murcianos» (Calvo Pérez, et al. 2005), y el yacimiento no ha sido caracterizado. En este trabajo se realiza una caracterización mineralógica y textural de las zeolitas de «Los Murcianos».

MATERIALES Y METODOLOGÍA

La zona de San José se encuentra ligada al desarrollo de la caldera de Los Frailes, (Arribas, 1993). El basamento precaldra incluye coladas de lava y brechas andesíticas (Andesitas Antiguas). Sobre éstas encontramos facies que incluyen brechas líticas autoclasticas, hialoclastitas, e ignimbritas. La Caldera de Los Frailes (14.4 ± 0.8 Ma) representa un evento posterior. Tiene una forma circular con un diámetro de 5 km. Eventos asociados a la formación de la caldera fueron la emisión de rocas piroclásticas del tipo ignimbrita, depósitos de caída (tobas de anfíbol), brechas, y el emplazamiento de domos (Fernández Solér, 1987 y 1992).

Posteriormente, la zona de San José ha sufrido intensos procesos de alteración hidrotermal que han dado lugar a



Figura 1: Vista aérea del yacimiento

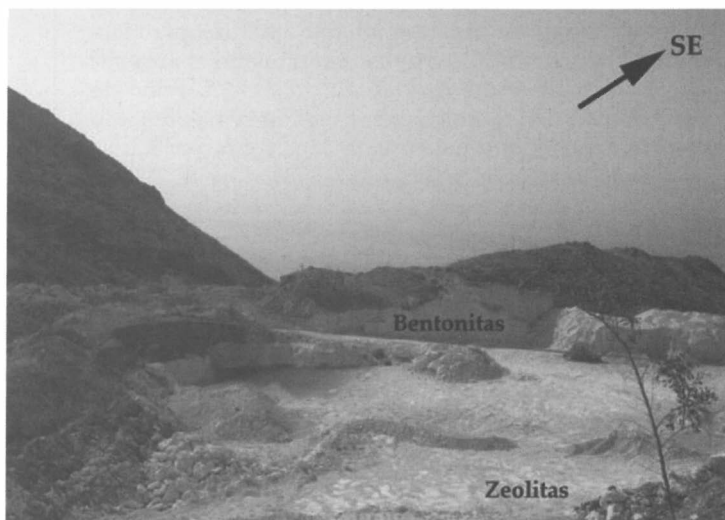


Figura 2: Cantera de «Los Murcianos»

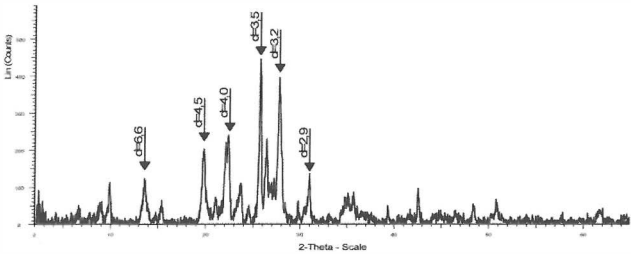
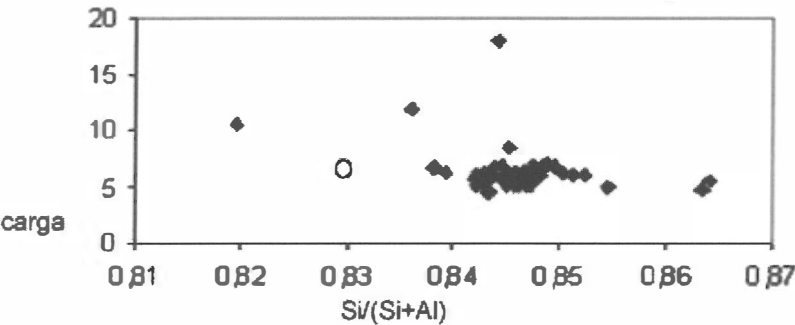


Figura 3: Difractograma de roca total (cantera «Los Murcianos»). Corresponde a mordenita pura.

importantes yacimientos minerales en la zona, todos ellos relacionados con las interacciones que se desarrollaron en determinados momentos entre las rocas volcánicas o subvolcánicas con el agua de mar (Linares, 1985; Caballero et al. 2005). Estos procesos se desarrollaron en islas volcánicas con sectores parcialmente cubiertos por un mar cálido y somero.

Entre los yacimientos mas importantes del la zona se encuentran los cuerpos mineralizados de bentonitas y de zeolitas del yacimiento de «Los Murcianos». El yacimiento se emplaza en rocas volcánicas explosivas de tipo



ignimbrita alteradas hidrotermalmente. La alteración ha dado lugar a dos tipos de litologías que coexisten en el yacimiento: zeolitas y bentonitas. Ambos materiales están separados por fracturas (figura 1 y 2). Al SE de las fracturas principales la alteración ha dado lugar a la formación de bentonitas, mientras que al NE aparecen zeolitas.

La caracterización mineralógica se ha llevado a cabo mediante difracción de rayos X (DRX) en muestras de roca total y agregados orientados secados al aire, solvatados con etilén-glicol y tratados térmicamente en el caso de muestras arcillosas. Las relaciones texturales entre las partículas se han estudiado mediante microscopía electrónica de barrido (MEB) y se ha determinado el área superficial mediante isoterma de adsorción-desorción de N₂. La composición química de las zeolitas se ha obtenido mediante análisis puntuales realizados sobre partículas aisladas con microsonda electrónica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante DRX se ha identificado mordenita de elevada pureza (Figura 3). Las formulas estructurales se han ajustado a partir de 55 análisis puntuales obtenidos con microsonda electrónica. La fórmula estructural media, calculada para % O, es: Na_{1.92} K_{0.52} Ca_{1.51} Fe_{0.17} Mg_{0.15} (Al_{7.43} Si_{40.92} O₉₆) 28 H₂O. Las muestras presentan una gran homogeneidad composicional como puede observarse en las figuras 4 y 5.

Si se define R como la relación Si/(Si+Al) para una serie de muestras podemos hablar de Ra (valor medio de R)

y Rr (rango de valores de R). Según Passaglia y Sheppard (2001) la mordenita tendrá Ra = 0.83 y su composición tetraédrica oscilará entre Rr = 0.80-0.86, las muestras estudiadas tienen un valor Ra = 0.85 y Rr oscila entre 0.82 y 0.86 (Figura 4). Esto indica que se trata de mordenita muy rica en sílice por lo que, lógicamente, la carga compensada por los cationes metálicos localizados en los canales intracristalinos (*cationes intercambiables*) será inferior al valor teórico de este mineral (igual a 8). Como se puede ver hay algunas muestras anómalas, bien porque tienen demasiado silicio (R>0.86) o bien porque tienen más de 8 cargas positivas correspondientes a cationes intercambiables. Estos cationes son, principalmente, Na, Ca y K, como corresponde a la mordenita, pero en este caso además hay una cierta cantidad de cationes secundarios como el Fe y el Mg. En un diagrama triangular (figura 5) se observa la dispersión de los datos obtenidos; la mayor parte de los análisis corresponden a mordenita sódico-cálcica con una gran variación en la relación Na/Ca y tienen contenidos similares de K.

El estudio microtextural permite observar la morfología de la mordenita, que cristaliza como fibras cortas (≈ 10 μm) y planas (figura 6), que parecen reemplazar a los

Figura 4: Valores de R (= Si/(Si+Al)) vs. carga de cationes intercambiables correspondientes a los análisis puntuales. El círculo representa la mordenita teórica.

minerales de las rocas preexistentes, aunque conservando la forma y textura original de éstas. Rellenan vacuolas y los espacios entre ellas (figura 7). Actúan como cemento de los cristales subeuhédricos relictos de la roca original (figura 5). Éstos pueden estar disueltos,

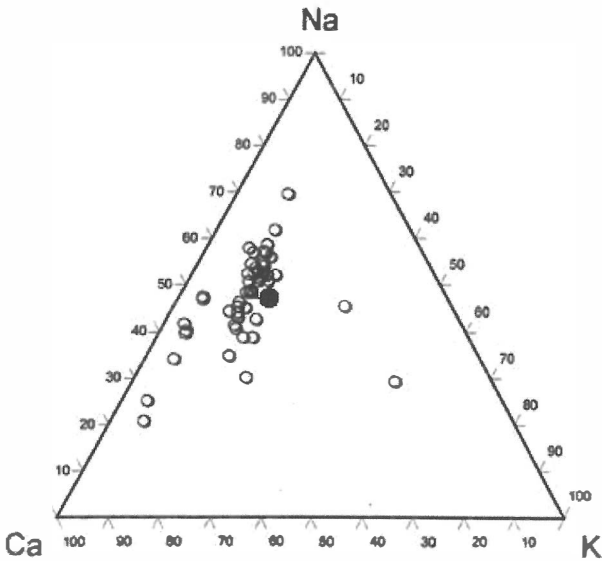


Figura 5: Proporción de los principales cationes intercambiables correspondientes a los análisis puntuales de mordenita. El círculo negro representa la mordenita teórica (Na₃Ca₂K).

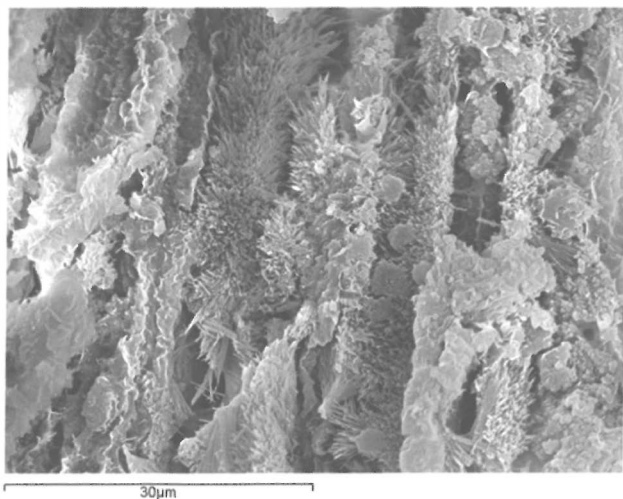


Figura 6: Fibras de mordenita. Electrones secundarios en microscopía electrónica de barrido.

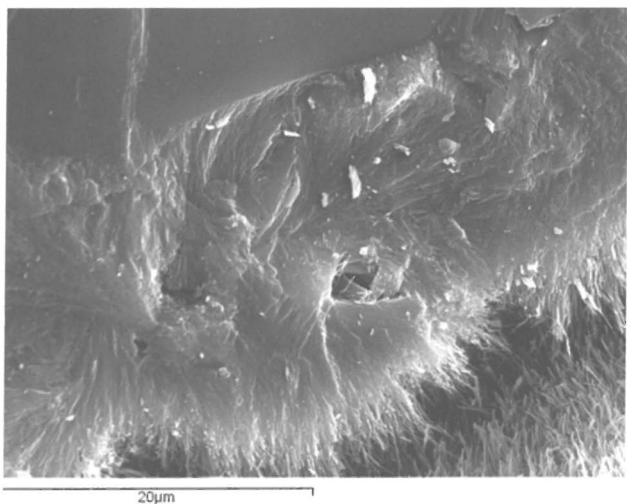


Figura 8: Fibras de mordenita cementando un fenocristal

total o parcialmente, quedando su molde tapizado interiormente por la mordenita (figura 8). Entre los cristales que no han sido alterados completamente se reconocen (con microscopía óptica y MEB): plagioclasas zonadas con maclas polisintéticas, cuarzos y biotitas con extinciones ondulantes, así como feldespatos potásicos con importantes signos de alteración. De todos estos minerales no aparecen indicios en difracción de rayos-X, debido a su escasa proporción.

Las aplicaciones industriales de las zeolitas en general se basan en el carácter micro y mesoporoso de las mismas. La mordenita es una zeolita tipo MOR, es decir con anillos 12 T y tamaño de poro grande según la clasificación de la IZA (International Zeolite Association) por lo que el rango teórico de porosidad corresponde a mesoporosidad. Se calculó la superficie específica por aplicación del método BET a la isoterma de adsorción-desorción de N_2 , obteniéndose un valor medio de $24 \text{ m}^2/\text{g}$, muy por debajo de la superficie teórica de este mineral debido a la inaccesibilidad de las moléculas de N_2 a los canales intracristalinos que están ocupados por moléculas de agua y cationes si no se realiza ningún pre-tratamiento de la muestra. Así, la mayor parte de esta superficie ($\sim 90\%$) corresponde a superficie externa.

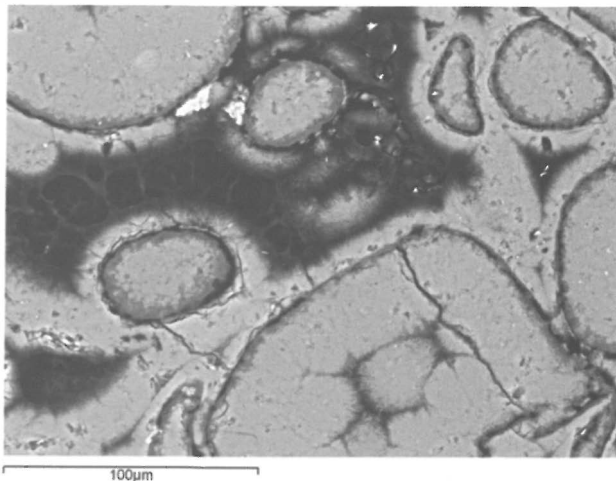


Figura 7: La mordenita rellena vacuolas y ocupa los espacios entre ellas. Electrones retrodispersados en microscopía electrónica de barrido.

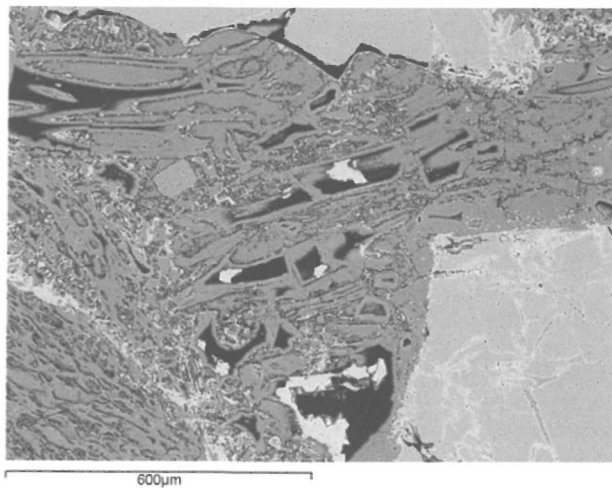


Figura 9: Aspecto general de la roca. Se observan cristales fantasmas, tapizados interiormente por mordenita.

Con objeto de evaluar la capacidad de absorción se realizó el test Westinghouse obteniéndose un valor medio de 70% de absorción de agua.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido financiado por el proyecto SICOAN, nº 2005061 del IGME y por la Ayuda concedida por la UCM y la CAM, al Grupo de Investigación, nº 910386.

REFERENCIAS

- Arribas, A. (1993). Mapa geológico del distrito minero de Rodalquilar, Almería (escala 1: 25.000). ITGE, Madrid.
- Benito, R.; García-Guinea, J.; Valle-Fuentes, F. J. and Recio, P. (1998). Journal of Geochemical Exploration, 62, 229-240.
- Caballero, E.; Jiménez De Cisneros, C. Juertas, F. J.; Huertas, F. Pozzuoli, A. And Linares, J. (2005). Clay Minerals. 40, 463-480.
- Calvo Pérez, B.; Costafreda Mustelier, J. L. y Estevez, E. (2005) Caracterización preliminar de las zeolitas del yacimiento «Los Murcianos». Almería. Actas V congreso

Ibérico de Geoquímica y IX congreso de Geoquímica de España. Soria- España. Septiembre de 2005.
Fernandez Soler, J. M. (1987). Estudios Geológicos, 43, 359-366.
Fernandez Soler, J. M. (1992). El volcanismo calco-alcálido de Cabo de Gata (Almería). Estudio volcanológico y petrográfico. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.

243 pp.
Linares, J. (1985). Mineralogica and Petrologica Acta. 29-A 17-33.
Martín-Vivaldi- J.L. y López-Aguayo, F. (1975). Boletín Geológico y Minero LXXXVI-II, 187-192.
Passaglia, E. y Sheppard, R.A. (2001). Reviews in Mineralogy. & Geochemistry. 45, 69-104.